

2007

Zkušební metody metalických komunikačních kabelů - Část 4-7: Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Zkušební metoda pro měření přenosové impedance a útlumu stínění - nebo vazebního útlumu - Metoda koncentrických trubek	ČSN EN 62153-4-7 34 7003
---	------------------------------------

idt IEC 62153-4-7:2006

Metallic communication cables test methods -

Part 4-7: Electromagnetic compatibility (EMC) - Test method for measuring the transfer impedance and the screening -

or the coupling attenuation - Tube in tube method

Méthodes d'essai des câbles métalliques de communication -

Partie 4-7: Compatibilité électromagnétique (CEM) - Méthode d'essai pour mesurer l'impédance de transfert

et l'affaiblissement d'écran - ou l'affaiblissement de couplage - Méthode des tubes concentriques

Prüfverfahren für metallische Kommunikationskabel -

Teil 4-7: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Messverfahren zur Messung der Kopplungswiderstandes

und der Schirmung - oder der Kopplungsdämpfung - Rohr-im-Rohr-Verfahren

Tato norma je českou verzí evropské normy EN 62153-4-7:2006. Překlad byl zajištěn Českým normalizačním institutem. Má stejný status jako oficiální verze.

This standard is the Czech version of the European Standard EN 62153-4-7:2006. It was translated by Czech Standards Institute. It has the same status as the official version.

Národní předmluva

Informace o citovaných normativních dokumentech

IEC 61196-1:2005 nezavedena

IEC 62153-4-4:2006 nezavedena

EN 50289-1-6:2002 zavedena v ČSN EN 50289-1-6:2002 (34 7819) Komunikační kabely - Specifikace zkušebních metod - Část 1-6: Elektrické zkušební metody - Elektromagnetické vlastnosti (idt EN 50289--6:2002)

Informativní údaje z IEC 62153-4-7:2006

Mezinárodní norma IEC 62153-4-7 byla připravena subkomisí 46A: Koaxiální kabely technické komise IEC 46: Kabely, vodiče, vlnovody, vysokofrekvenční konektory, vysokofrekvenční a mikrovlnné pasivní součástky a příslušenství.

Text této změny vychází z těchto dokumentů:

FDIS	Zpráva o hlasování
46A/797/FDIS	46A/414/RVD

Úplné informace o hlasování při schvalování této změny je možné nalézt ve zprávě o hlasování uvedené v tabulce.

Tato publikace byla navržena v souladu se Směrnicemi ISO/IEC, Část 2.

IEC 62153 je tvořena následujícími částmi se souhrnným názvem *Zkušební metody metalických komunikačních kabelů*:

- Část 1-1: Elektrické - Měření impulzního/skokového útlumu odrazu v kmitočtové oblasti pomocí zpětné diskrétní Fourierovy transformace (IDFT)
- Část 1-2: Korekce měření odrazu ¹
- Část 4-0: Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Vztah mezi povrchovou přenosovou impedancí a útlumem stínění, doporučené mezní hodnoty ¹
- Část 4-1: Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Úvod do měření elektromagnetického (EMC) stínění ¹
- Část 4-2: Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Útlum stínění a vazební útlum - Metoda injekčních svorek
- Část 4-3: Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Povrchová přenosová impedance - Tříosá metoda
- Část 4-4: Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Stíněné uspořádání útlumu stínění, zkušební metoda pro měření útlumu stínění „as“ do 3 GHz a výše

Část 4-5: Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Vazební útlum nebo útlum stínění - Metoda absorpčních svorek

Část 4-6: Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Povrchová přenosová impedance - Metoda injekce do vedení

Část 4-7: Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Zkušební metoda pro měření přenosové impedance a útlumu stínění - nebo vazebního útlumu - Metoda koncentrických trubek

Část 4-8: Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Kapacitní vazební admitance ¹

Komise rozhodla, že obsah této publikace se nebude měnit až do konečného data vyznačeného na internetové adrese IEC „<http://webstore.iec.ch>“ v termínu příslušejícímu dané publikaci. Po tomto datu bude publikace buď:

- znovu potvrzena,
- zrušena,
- nahrazena revidovaným vydáním, nebo
- změněna.

¹ Připravuje se.

Strana 3

Vypracování normy

Zpracovatel: Technický a zkušební ústav telekomunikací a pošt Praha - TESTCOM, IČ 00003468,
Ing. Jaroslav Adam

Technická normalizační komise: TNK 68 Kably a vodiče

Pracovník Českého normalizačního institutu: Viera Borošová

Strana 4

Prázdna strana

Strana 5

EVROPSKÁ NORMA EUROPEAN STANDARD NORME EUROPÉENNE EUROPÄISCHE NORM	EN 62153-4-7 Srpen 2006
---	--------------------------------

ICS 33.120.10; 33.100

Zkušební metody metalických komunikačních kabelů

Část 4-7: Elektromagnetická kompatibilita (EMC) -

Zkušební metoda pro měření přenosové impedance

a útlumu stínění - nebo vazebního útlumu -

Metoda koncentrických trubek

(IEC 62153-4-7:2006)

Metallic communication cables test methods

Part 4-7: Electromagnetic compatibility (EMC) -

Test method for measuring the transfer impedance

and the screening - or the coupling attenuation -

Tube in tube method

(IEC 62153-4-7:2006)

Méthodes d'essai des câbles métalliques
de communication

Partie 4-7: Compatibilité

électromagnétique (CEM) - Méthode d'essai

pour mesurer l'impédance de transfert

et l'affaiblissement d'écran - ou

l'affaiblissement

de couplage - Méthode des tubes

concentriques

(CEI 62153-4-7:2006)

Prüfverfahren für metallische

Kommunikationskabel

Teil 4-7: Elektromagnetische Verträglichkeit

(EMV) -

Messverfahren zur Messung

der Kopplungswiderstandes und der

Schirmung -

oder der Kopplungsdämpfung -

Rohr-im-Rohr-Verfahren

(IEC 62153-4-7:2006)

Tato evropská norma byla schválena CENELEC 2006-08-01. Členové CENELEC jsou povinni splnit Vnitřní předpisy CEN/CENELEC, v nichž jsou stanoveny podmínky, za kterých se musí této evropské normě bez jakýchkoliv modifikací dát status národní normy.

Aktualizované seznamy a bibliografické citace týkající se těchto národních norem lze obdržet na vyžádání v Ústředním sekretariátu nebo u kteréhokoliv člena CENELEC.

Tato evropská norma existuje ve třech oficiálních verzích (anglické, francouzské, německé). Verze v každém jiném jazyce přeložená členem CENELEC do jeho vlastního jazyka, za kterou zodpovídá a kterou notifikuje Ústřednímu sekretariátu, má stejný status jako oficiální verze.

Členy CENELEC jsou národní elektrotechnické komitety Belgie, České republiky, Dánska, Estonska, Finska, Francie, Irska, Islandu, Itálie, Kypru, Litvy, Lotyšska, Lucemburska, Maďarska, Malty, Německa, Nizozemska, Norska, Polska, Portugalska, Rakouska, Rumunska, Řecka, Slovenska, Slovinska, Spojeného království, Španělska, Švédsko a Švýcarska.

CENELEC

Evropský výbor pro normalizaci v elektrotechnice
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
Ústřední sekretariát: rue de Stassart 35, B-1050 Brusel

© 2006 CENELEC Veškerá práva pro využití v jakékoli formě a jakýmkoli prostředky jsou celosvětově vyhrazena členům CENELEC.

Ref. č. EN 62153-4-

7:2006 E

Strana 6

Předmluva

Text mezinárodní normy IEC 62153-4-7:2006, připravený SC 46A, Koaxiální kabely, IEC TC 46, Kabely, vodiče, vlnovody, vysokofrekvenční konektory, vysokofrekvenční a mikrovlnné pasivní součástky a příslušenství, byl předložen k formálnímu hlasování a byl schválen CENELEC jako EN 62153-4-7 dne 2006-08-01 bez jakýchkoliv modifikací.

Byla stanovena tato data:

- nejzazší datum zavedení EN na národní úrovni vydáním identické národní normy nebo vydáním oznámení o schválení EN k přímému používání jako normy národní (dop) 2007-08-01
- nejzazší datum zrušení národních norem, které jsou s EN v rozporu (dow) 2009-08-01

Přílohu ZA doplnil CENELEC.

Oznámení o schválení

Text mezinárodní normy IEC 62153-4-7:2006 byl schválen CENELEC jako evropská norma bez jakýchkoliv modifikací.

Strana 7

Obsah

Strana

Úvod

.....
..... 9

1 Rozsah
platnosti

.....	9
2 Citované normativní dokumenty.....	9
3 Termíny a definice.....	9
4 Princip zkušební metody.....	11
5 Teoretický základ.....	12
6 Postup.....	12
6.1 Zařízení.....	12
6.2 Spojení mezi prodlužovací trubicí a zkoušeným zařízením.....	12
6.3 Dynamický rozsah nebo základní úroveň šumu.....	12
6.4 Impedance vnitřního systému.....	13
6.5 Příprava vzorku.....	15
7 Měření.....	16
7.1 Přenosová impedance.....	16
7.2 Útlum.....	

stínění	
.....	
... 16	
7.3 Vazební	
útlum	
.....	
... 17	
8 Vyjádření	
výsledků	
.....	17
8.1 Přenosová impedance a účinná přenosová	
impedance.....	17
8.2 Útlum	
stínění	
.....	
... 17	
8.3 Vazební	
útlum	
.....	
... 18	
8.4	
Požadavek	
.....	
..... 18	
Příloha A (informativní) Měření účinnosti stínění konektorů a kabelových	
sestav.....	19
Příloha B (informativní) Vliv přechodových	
odporů.....	28
Bibliografie	
.....	
..... 29	
Příloha ZA (normativní) Normativní odkazy na mezinárodní publikace a na jim příslušející evropské	
publikace.....	30
Obrázek 1 - Definice	
Z_T	
.....	
. 9	
Obrázek 2 - Princip zkušebního uspořádání pro měření přenosových impedancí a útlumu stínění	
nebo vazebního útlumu	
konektorů.....	11

Obrázek 3 - Princip zkušebního uspořádání pro měření přenosových impedancí a útlumu stínění krátkých kabelových sestav	11
Obrázek 4 - Princip uspořádání pro ověřovací zkoušku	13
Obrázek 5 - Impedanční přizpůsobení pro $Z_1 < 50$ W	14
Obrázek 6 - Impedanční přizpůsobení pro $Z_1 > 50$ W	14
Obrázek 7a - Základní příprava symetrických nebo vícežilových konektorů pro přenosovou impedanci a útlum stínění	15
Obrázek 7b - Základní příprava symetrických nebo vícežilových konektorů pro vazební útlum	15
Obrázek 7 - Příprava symetrických nebo vícežilových konektorů	15
Obrázek 8 - Měření přenosové impedance pomocí koncentrických trubek	16
Obrázek 9 - Měření útlumu stínění pomocí koncentrických trubek	16
Obrázek 10 - Měření vazebního útlumu pomocí koncentrických trubek	17
Obrázek 11 - Typické měření konektoru o délce 0,04 m s prodlužovací trubicí 1 m	18
Obrázek A.1 - Ekvivalentní obvod vázaných přenosových vedení	20

Obrázek A.2 - Součtová funkce S	20
Obrázek A.3 - Vypočtená vazební přenosová funkce ($l = 1$ m; $e_{r1} = 2,3$; $e_{r2} = 1$; $Z_F = 0$)	21

Obrázek A.4 - Třiosé uspořádání pro měření útlumu stínění a_s a přenosové impedance Z_T	22
Obrázek A.5 - Simulace kabelové sestavy (logaritická stupnice).....	24
Obrázek A.6 - Simulace kabelové sestavy (lineární stupnice).....	24
Obrázek A.7 - Třiosé uspořádání s prodlužovací trubkou pro krátké kabelové sestavy.....	24
Obrázek A.8 - Třiosé uspořádání s prodlužovací trubkou pro konektory.....	25
Obrázek A.9 - Simulace, logaritická kmitočtová stupnice.....	26
Obrázek A.10 - Měření, logaritická kmitočtová stupnice.....	26
Obrázek A.11 - Simulace, lineární kmitočtová stupnice.....	26
Obrázek A.12 - Měření, lineární kmitočtová stupnice.....	26
Obrázek A.13 - Simulace, logaritická kmitočtová stupnice.....	26
Obrázek A.14 - Simulace, lineární kmitočtová stupnice.....	26
Obrázek B.1 - Přechodové odpory zkušebního uspořádání.....	28
Obrázek B.2 - Ekvivalentní obvod zkušebního uspořádání.....	28

Úvod

Stíněné zkušební uspořádání útlumu stínění podle IEC 62153-4-4 (třiosá metoda) bylo rozšířeno tak, aby vzalo v úvahu specifika elektrických krátkých prvků, jako jsou konektory a kabelové sestavy. Vzhledem ke koncentrické vnější trubce třiosého uspořádání jsou měření nezávislá na nehomogenitách obvodu a vnějších elektromagnetických polích.

Pomocí doplňkové trubky rezonátoru (vnitřní trubka koncentrických trubek) se vytvoří systém, v němž se účinnost stínění elektricky krátkého zařízení měří v reálných a řízených podmínkách. Rovněž lze

dosáhnout nižšího mezního kmitočtu pro přechod mezi elektricky krátkým (přenosová impedance Z_T) a elektricky dlouhým (útlum stínění a_s) prvkem.

I při vysoce stíněných konektorech a sestavách lze pro zkoušku použít široký dynamický a kmitočtový rozsah s obvyklými přístroji, od nízkých kmitočtů až po mez definovaných příčných vln ve vnějším obvodu při přibližně 4 GHz.

1 Rozsah platnosti

Tato tříosá metoda je vhodná pro stanovení povrchové přenosové impedance a/nebo útlumu stínění a vazebního útlumu spojených stíněných konektorů (včetně spojení mezi kabelem a konektorem) a kabelových sestav. Tuto metodu by rovněž bylo možno rozšířit na stanovení přenosové impedance, vazebního útlumu nebo útlumu stínění symetrických nebo vícekolíkových konektorů a kabelových sestav.

2 Citované normativní dokumenty

Pro používání tohoto dokumentu jsou nezbytné dále uvedené referenční dokumenty. U datovaných odkazů platí pouze citovaná vydání. U nedatovaných odkazů platí poslední vydání referenčního dokumentu (včetně změn).

IEC 61196-1:2005 Coaxial communication cables - Part 1: Generic specification - General, definitions and requirements

(Koaxiální komunikační kabely - Část 1: Kmenová specifikace - Všeobecně, definice a požadavky)

IEC 62153-4-4 Metallic communication cable test methods - Part 4-4: Electromagnetic compatibility (EMC)

-
Shielded screening attenuation, test method for measuring of the screening attenuation a_s up to and above 3 GHz²

(Zkušební metody metalických komunikačních kabelů - Část 4-4: Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Stíněné uspořádání útlumu stínění, zkušební metoda pro měření útlumu stínění a_s do 3 GHz a výše)

3 Termíny a definice

Pro účely tohoto dokumentu platí dále uvedené termíny a definice.

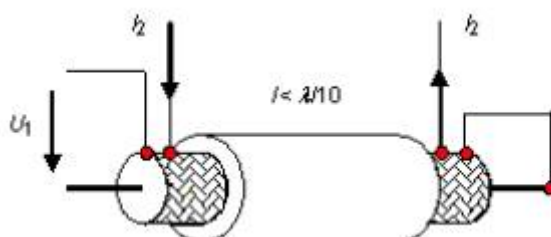
3.1

povrchová přenosová impedance (*surface transfer impedance*)

Z_T

pro elektricky krátké stínění kvocient podélného napětí U_1 indukovaného do vnitřního obvodu proudem I_2 přiváděným do vnějšího obvodu, nebo naopak [W] (viz obrázek 1)

hodnota Z_T elektricky krátkého stínění je vyjádřena v ohmech [W] nebo v decibelech vztažených k 1 W



² Bude vydána.

$$Z_T = \frac{U_1}{I_2} \quad (1)$$

$$Z_T \text{ dB}(\Omega) = +20 \times \log_{10} \left(\frac{|Z_T|}{1 \Omega} \right) \quad (2)$$

3.2

účinná přenosová impedance (*effective transfer impedance*)

Z_{TE}

impedance definovaná jako:

$$Z_{TE} = \max |Z_F \pm Z_T| \quad (3)$$

kde Z_F je kapacitní vazební impedance

3.3

útlum stínění (*screening attenuation*)

a_s

pro elektricky dlouhá zařízení, tj. nad mezním kmitočtem, logaritmický poměr napájecího výkonu P_1 a periodických maximálních hodnot navázaného výkonu $P_{r,max}$ ve vnějším obvodu

$$a_s = -10 \times \log_{10} \left(\text{Env} \left| \frac{P_{r,max}}{P_1} \right| \right) \quad (4)$$

útlum stínění elektricky krátkého zařízení je definován jako:

$$a_s = -20 \times \log_{10} \frac{150 \Omega}{Z_{TE}} \quad (5)$$

kde

150 W je normalizovaná impedance vnějšího obvodu

3.4

vazební útlum (*coupling attenuation*)

a_c

pro stíněné symetrické zařízení součet útlumu nevyvážení a_u symetrického páru a útlumu stínění a_s stínění zkoušeného zařízení

pro elektricky dlouhá zařízení, tj. nad mezním kmitočtem, je vazební útlum a_c definován jako logaritmický poměr napájecího výkonu P_1 a periodických maximálních hodnot navázaného výkonu $P_{r,max}$ ve vnějším obvodu

3.5

vazební délka (*coupling length*)

vazební délka je elektricky krátká, pokud

$$\lambda_o / l > 10 \times \sqrt{\epsilon_{r1}}$$

nebo

$$f < \frac{c_0}{10 \times l \times \sqrt{\epsilon_{r1}}}$$

(6)

nebo elektricky dlouhá, pokud

$$\lambda_0 / f \leq 2 \times |\sqrt{\epsilon_{r1}} - \sqrt{\epsilon_{r2}}| \quad \text{nebo}$$

$$f > \frac{c_0}{2 \times l \times |\sqrt{\epsilon_{r1}} - \sqrt{\epsilon_{r2}}|}$$

(7)

kde je

- l účinná vazební délka v m;
- l_0 vlnová délka ve volném prostoru v m;
- ϵ_{r1} výsledná relativní permitivita dielektrika kabelu;
- ϵ_{r2} výsledná relativní permitivita dielektrika sekundárního obvodu;
- f kmitočet v Hz;
- c_0 rychlost světla ve volném prostoru

3.6

zkoušené zařízení (*device under test*)

zařízení tvořené spojenými konektory s jejich připojenými kabely

Strana 11

4 Princip zkušební metody

Vysokofrekvenční (RF) konektory mají obvykle mechanické rozměry v podélné ose v rozsahu 20 mm až maximálně 50 mm. Pomocí definice elektrických krátkých prvků obdržíme pro obvyklé vysokofrekvenční konektory mezní nebo zlomové kmitočty nebo zlomový bod pro přechod mezi elektricky krátkými a dlouhými prvky přibližně 1 GHz nebo vyšší.

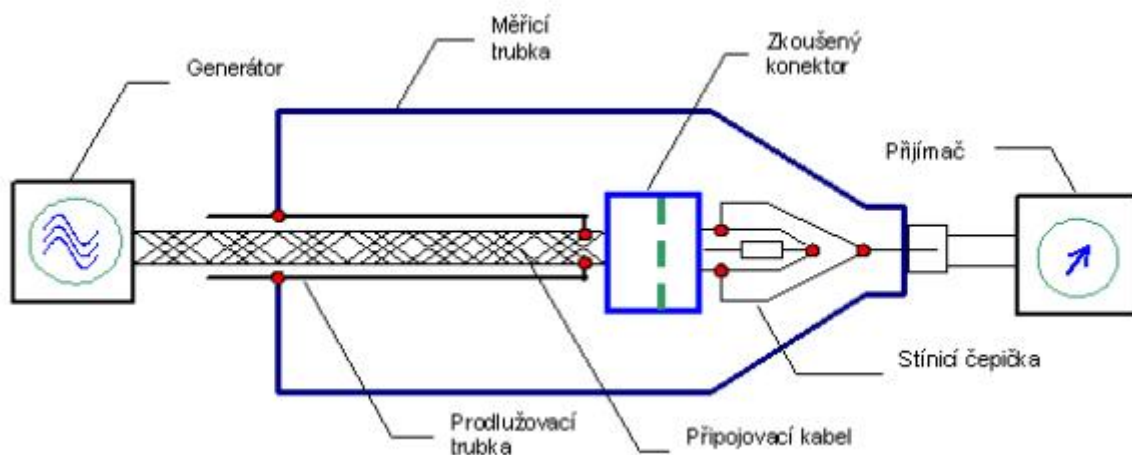
V kmitočtovém rozsahu do mezního kmitočtu, kde je zkoušené zařízení (DUT) elektricky krátké, lze měřit přenosovou impedanci DUT. Pro kmitočty nad mezním kmitočtem, kde je DUT elektricky dlouhé, lze měřit útlum stínění.

Prodloužením elektrické délky RF konektoru RF těsně uzavřenou kovovou prodlužovací trubkou (koncentrické trubky) se zkoušená kombinace stane elektricky dlouhou a mezní kmitočet se posune k nižšímu kmitočtovému rozsahu. Tímto způsobem, rovněž v nižším kmitočtovém rozsahu, lze měřit útlum stínění a vypočítat účinnou přenosovou impedanci elektricky krátkých zařízení.

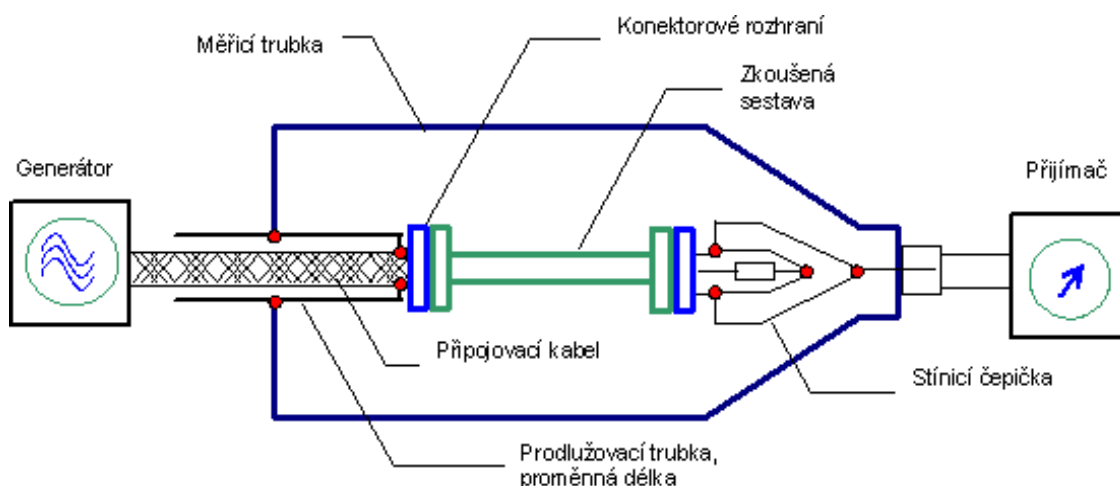
Zkušební uspořádání je tříosý systém tvořený DUT, plnou kovovou trubkou a RF těsnou prodlužovací trubkou. Přizpůsobené zkoušené zařízení DUT, které je napájeno generátorem, tvoří rušící obvod, který lze rovněž označit jako vnitřní nebo primární obvod.

Rušný obvod, který lze rovněž označit jako vnější nebo sekundární obvod, je tvořen vnějším vodičem zkoušeného zařízení, připojeným k prodlužovací trubce a plné kovové trubce, v jejíž ose je umístěno zkoušené DUT.

Princip zkušebního uspořádání je znázorněn na obrázku 2 a obrázku 3. Uspořádání je stejné pro měření přenosové impedance a útlumu stínění nebo vazebního útlumu, kde se délka vnitřní a vnější trubky může lišit.



Obrázek 2 - Princip zkušebního uspořádání pro měření přenosových impedancí a útlumu stínění nebo vazebního útlumu konektorů



Obrázek 3 - Princip zkušebního uspořádání pro měření přenosových impedancí a útlumu stínění krátkých kabelových sestav

Změří se napěťový poměr (U_1/U_2) napětí na blízkém konci (U_1) vnitřního obvodu (generátor) a napětí na vzdáleném konci (U_2) sekundárního obvodu (přijímač). Blízký konec sekundárního obvodu je nakrátko.

V závislosti na elektrické délce zkoušené kombinace DUT a prodlužovací trubky lze výsledek vyjádřit buď pomocí přenosové impedance, účinné přenosové impedance nebo útlumu stínění (nebo vazebního útlumu).

Pro toto měření není nutný přizpůsobený přijímač. Pravděpodobné napěťové špičky na vzdáleném

konci nejsou závislé na vstupní impedanci přijímače za předpokladu, že tato je nižší než charakteristická impedance sekundárního obvodu. Výhodou je však nízké nepřizpůsobení, například pomocí výběru rozsahu průměrů trubky pro několik průměrů koaxiálních kabelů.

5 Teoretický základ

Viz příloha A.

6 Postup

6.1 Zařízení

Princip zkušebního uspořádání je znázorněn na obrázku 2 a 3 a je tvořen:

- přístrojem trojitého koaxiálního typu s délkou dostatečnou pro vytvoření superpozice vln v úzkých kmitočtových pásmech, což umožňuje nakreslit křivku obálky,
- proměnnou délkou trubky, například rozdílnými částmi trubky a/nebo posuvnými koncentrickými trubkami,
- RF těsnou prodlužovací trubkou s proměnnou délkou, která má mít průměr nejlépe takový, aby charakteristická impedance vnější trubky byla 50 W nebo se rovnala jmenovité impedanci sířového analyzátoru nebo generátoru a přijímače,
- materiál prodlužovací trubky musí být neferomagnetický a dobře vodivý (měď nebo mosaz) a musí mít tlouřku ³ 1 mm, tak aby přenosová impedance byla zanedbatelná v porovnání s přenosovou impedancí zkoušeného zařízení,
- signálním generátorem se stejnou charakteristickou impedancí jako zkoušený kabel nebo s impedančním adaptérem, doplněným v případě nutnosti výkonovým zesilovačem pro velmi vysoký útlum stínění,
- symetrizačním transformátorem s dostatečným útlumem nevyvážení,
- přijímačem s kalibrovaným stupňovým útlumovým článkem, nebo sířovým analyzátořem (NWA).

POZNÁMKA Generátor a přijímač může být začleněn v sířovém analyzátořu.

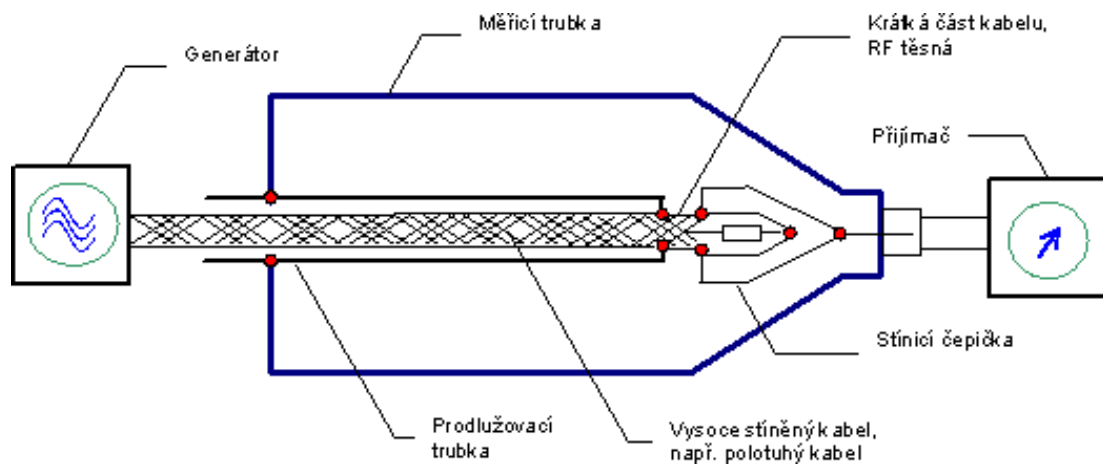
6.2 Spojení mezi prodlužovací trubkou a zkoušeným zařízením

Spojení mezi prodlužovací trubkou a připojenými kabely zkoušeného zařízení musí být takové, aby přechodový odpor byl zanedbatelný. Možný způsob připojení a vliv přechodových odporů je uveden v příloze B.

6.3 Dynamický rozsah nebo základní úroveň řumu

Ověřovací zkouřkou se musí stanovit zbytková přenosová impedance nebo základní úroveň řumu vyvolaná připojením napájecího kabelu k prodlužovací trubce.

Napájecí kabel je přizpůsoben co do své charakteristické impedance a je připojen ke zkušební hlavě. Prodlužovací trubka se pak připojí k napájecímu kabelu pomocí stejného způsobu připojení jako při zkouřce. Část kabelu mezi připojovacími body musí být co nejkratřší (viz obrázek 4).



Obrázek 4 - Princip uspořádání pro ověřovací zkoušku

Napěťový poměr (U_1/U_2) se měří NWA.

Základní úroveň šumu připojení prodlužovací trubky k napájecímu kabelu je pak dána vztahem:

$$a_n = 20 \times \log_{10} (U_1/U_2) \quad (8)$$

Zbytková přenosová impedance připojení prodlužovací trubky k napájení je dána vztahem:

$$Z_{Tr} = Z_1 \times \left| \frac{U_2}{U_1} \right| \quad (9)$$

6.4 Impedance vnitřního systému

6.4.1 Všeobecně

Pokud impedance Z_1 vnitřního systému (koaxiálního nebo kvazikoaxiálního) není známa, lze ji stanovit buď reflektometrem v časové oblasti nebo pomocí následující metody.

Jeden konec připraveného vzorku se připojí k síťovému analyzátoru, který je kalibrován pro měření impedance na referenční rovině konektorového rozhraní. Zkušebním kmitočtem je přibližně kmitočet, pro který je délka vzorku $1/8 l$, kde l je vlnová délka.

$$f_{\text{test}} = \frac{c}{8 \times L_{\text{sample}} \times \sqrt{\epsilon_{r1}}} \quad (10)$$

kde je

f_{test} zkušební kmitočet;

c rychlost světla;

L_{sample} délka vzorku;

ϵ_{r1} výsledná relativní permitivita dielektrika kabelu.

Vzorek je na vzdáleném konci nakrátko. Změří se impedance Z_{short} .

Vzorek se ponechá naprázdno ve stejném bodě, kde byl nakrátko. Změří se impedance Z_{open} .

Z_1 se vypočítá jako:

$$Z_1 = \sqrt{Z_{\text{short}} \cdot Z_{\text{open}}} \quad (11)$$

Strana 14

6.4.2 Obvod pro impedanční přizpůsobení

6.4.2.1 Všeobecně

Pokud se impedance zkoušeného kabelu Z_1 nerovná výstupnímu odporu generátoru (obvykle 50 W), pak je zapotřebí obvod pro impedanční přizpůsobení. Realizuje se jako obvod s dvěma rezistory, s jedním sériovým rezistorem R_s a jedním paralelním rezistorem R_p . Hodnota rezistorů a konfigurace jsou uvedeny v 6.4.2.2 a 6.4.2.3.

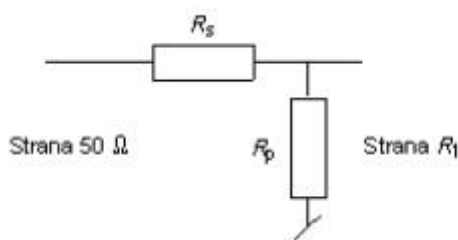
6.4.2.2 $Z_1 < 50 \text{ W}$

Pokud je impedance vnitřního systému Z_1 a následně zatěžovacího rezistoru R_1 ($= Z_1$) nižší než 50 W, použijí se vzorce uvedené níže:

$$R_s = 50 \times \sqrt{1 - \frac{R_1}{50}} \quad (12)$$

$$R_p = \frac{R_1}{\sqrt{1 - \frac{R_1}{50}}} \quad (13)$$

Konfigurace je znázorněna na obrázku 5.



Obrázek 5 - Impedanční přizpůsobení pro $Z_1 < 50 \text{ W}$

Napěťový zisk k_m obvodu je:

$$k_m = \frac{R_1 R_p}{R_1 R_p + R_p R_s + R_1 R_s} \quad (14)$$

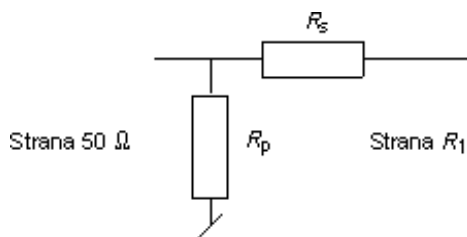
6.4.2.3 $Z_1 > 50 \text{ W}$

Pokud je impedance vnitřního systému Z_1 a následně R_1 vyšší než 50 W, použijí se vzorce uvedené níže:

$$R_s = R_2 \sqrt{1 - \frac{50}{R_2}} \quad (15)$$

$$R_p = \frac{50}{\sqrt{1 - \frac{50}{R_2}}} \quad (16)$$

Konfigurace je znázorněna na obrázku 6.



Obrázek 6 - Impedanční přizpůsobení pro $Z_1 > 50 \Omega$

Napěťový zisk k_m obvodu je:

$$k_m = \frac{R_2}{R_s + R_2} \quad (17)$$

Strana 15

6.5 Příprava vzorku

6.5.1 Koaxiální zařízení

Napájecí kabel se připevní ke zkoušenému konektoru a jeho spojovací části podle specifikace výrobce. Jeden konec se připojí ke zkušební hlavě, kde je napájecí kabel přizpůsoben jmenovité charakteristické impedanci zkoušeného zařízení.

Druhý konec prochází prodlužovací trubkou a připojí se ke generátoru. Na straně zkoušeného zařízení se stínění napájecího kabelu připojí k prodlužovací trubce s nízkým přechodovým odporem (viz 6.2 a příloha B). Na straně generátoru se stínění napájecího kabelu k prodlužovací trubce nepřipojuje.

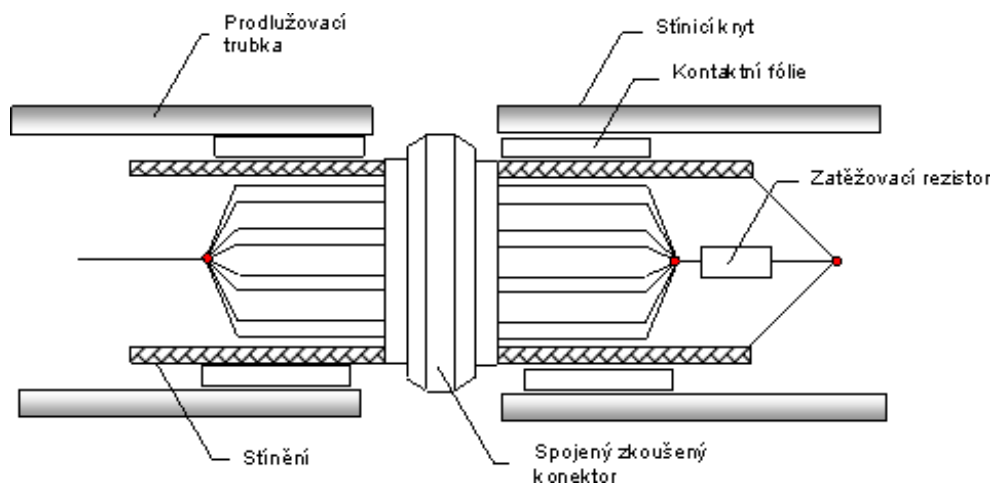
6.5.2 Symetrické nebo vícežilové zařízení

Symetrický nebo vícežilový kabel, který se obvykle používá se zkoušeným konektorem, se připevní ke zkoušenému konektoru a jeho spojovací části podle specifikace výrobce.

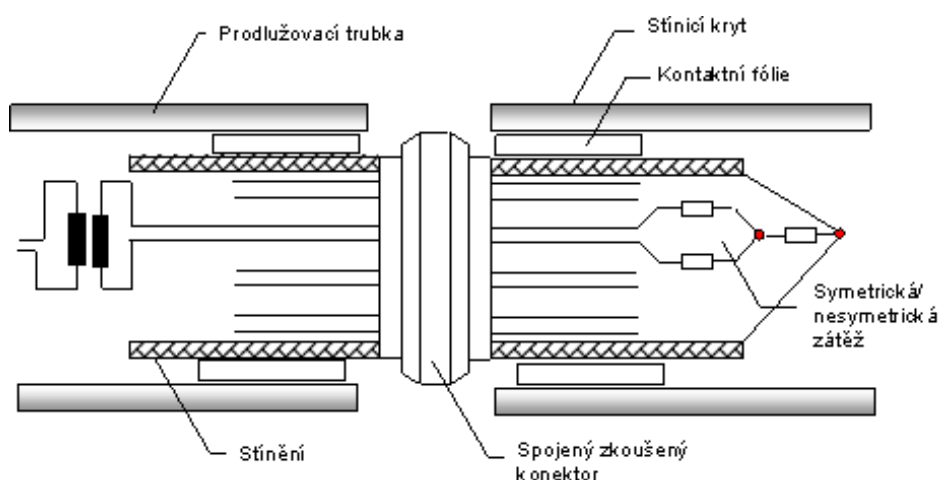
Při měření přenosové impedance nebo útlumu stínění se stíněné symetrické nebo vícežilové kabely pokládají za kvazikoaxiální systém. Proto se na rozpojených koncích napájecího kabelu navzájem spojí všechny vodiče všech párů. Všechna stínění, včetně stínění jednotlivě stíněných párů nebo čtyřek, se navzájem spojí na obou koncích. Všechna stínění se spojí po celém obvodu (viz obrázky 7a a 7b).

Jeden konec se pak připojí ke zkušební hlavě, kde je napájecí kabel přizpůsoben charakteristické impedanci (útlum stínění) nebo spojení nakrátko (přenosová impedance).

Při měření vazebního útlumu je napájecí kabel napájen symetrizačním transformátorem. Zkoušený pár se přizpůsobí pomocí symetrické/nesymetrické zátěže. Páry, které se nezkoušejí, se ponechají naprázdno.



Obrázek 7a - Základní příprava symetrických nebo vícežilových konektorů pro přenosovou impedanci a útlum stínění



Obrázek 7b - Základní příprava symetrických nebo vícežilových konektorů pro vazební útlum

Obrázek 7 - Příprava symetrických nebo vícežilových konektorů

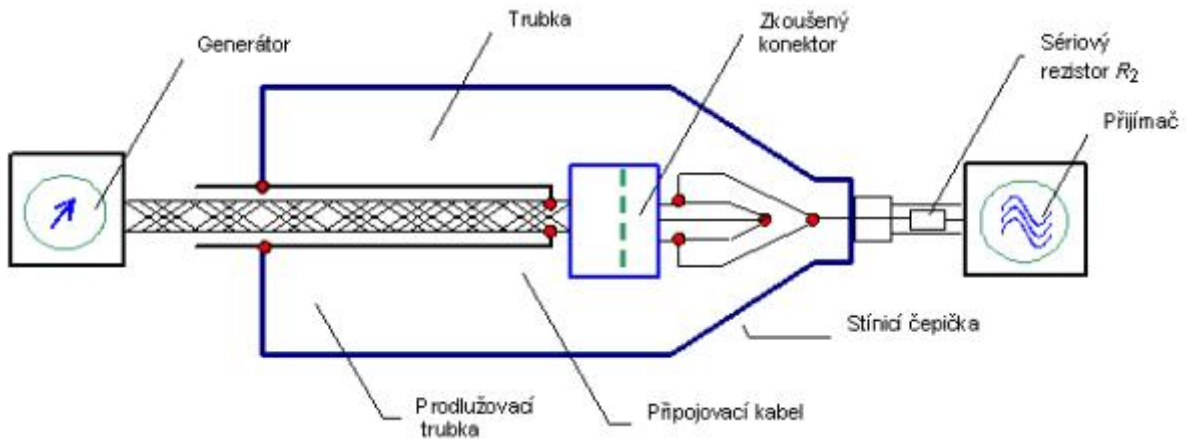
7 Měření

7.1 Přenosová impedance

Provozní útlum vnějších zkušebních přívodů se změří a zaznamená jako funkce kmitočtu.

DUT s připojenou prodlužovací trubkou se instaluje do měřicí trubky. Prodlužovací trubka se spojí nakrátko s měřicí trubkou na blízkém konci generátoru. Napájecí kabel se připojí ke generátoru a výstup měřicí trubky se připojí k přijímači (viz obrázek 8).

Změří se provozní útlum A_B mezi vstupem a výstupem zkušebního uspořádání.



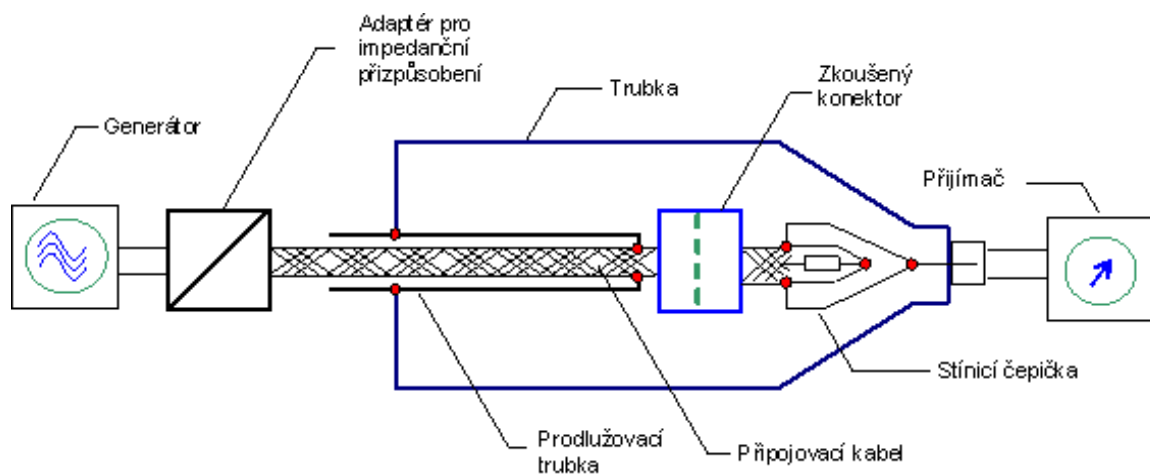
Obrázek 8 - Měření přenosové impedance pomocí koncentrických trubek

7.2 Útlum stínění

Provozní útlum vnějších zkušebních přívodů se změří a zaznamená jako funkce kmitočtu.

DUT s připojenou prodlužovací trubkou se instaluje do měřicí trubky. Prodlužovací trubka se spojí nakrátko s měřicí trubkou na blízkém konci generátoru. Napájecí kabel se připojí ke generátoru (v případě nutnosti přes zařízení pro impedanční přizpůsobení) a výstup měřicí trubky se připojí k přijímači.

Změří se provozní útlum A_B mezi vstupem a výstupem zkušebního uspořádání (viz obrázek 9).



Obrázek 9 - Měření útlumu stínění pomocí koncentrických trubek

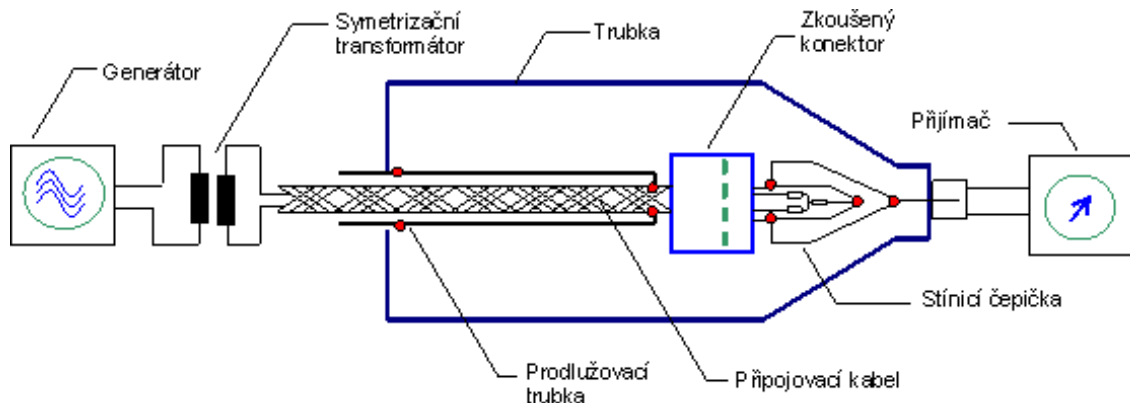
7.3 Vazební útlum

Provozní útlum vnějších zkušebních přívodů se změří a zaznamená jako funkce kmitočtu.

DUT s připojenou prodlužovací trubkou se instaluje do měřicí trubky. Prodlužovací trubka se spojí nakrátko s měřicí trubkou na blízkém konci generátoru. Napájecí kabel se připojí ke generátoru přes symetrizační

transformátor, s charakteristickou impedancí zkoušeného zařízení na symetrické straně. Výstup měřicí trubky se připojí k přijímači.

Změří se provozní útlum A_B mezi vstupem a výstupem zkušebního uspořádání (viz obrázek 10).



Obrázek 10 - Měření vazebního útlumu pomocí koncentrických trubek

Změří se všechny páry zkoušeného zařízení.

8 Vyjádření výsledků

8.1 Přenosová impedance a účinná přenosová impedance

$$Z_{TE} = Z_1 \times \left| \frac{U_2}{U_1} \right| = \sqrt{Z_1 \times Z_2} \times 10^{\frac{A_B}{20}} \quad (18)$$

kde

Z_1 a Z_2 jsou impedance primárního a sekundárního obvodu.

Při nízkých kmitočtech je kapacitní vazební impedance zanedbatelná a účinnou přenosovou impedancí bude přenosová impedance.

POZNÁMKA Na rozdíl od měření přenosové impedance kabelových stínění není přenosová impedance konektoru vztažena k délce.

8.2 Útlum stínění

Útlum stínění a_s se vypočte pomocí normalizované hodnoty $Z_s = 150 \text{ W}$:

$$\begin{aligned} a_s &= 10 \times \log_{10} \left| \frac{P_1}{P_{r,max}} \right| = 10 \times \log_{10} \left| \frac{P_1}{P_{2,max}} \times \frac{Z_s}{Z_1} \right| \\ &= 20 \times \log_{10} \left| \frac{U_1}{U_{2,max}} \right| + 10 \times \log_{10} \left| \frac{150 \text{ } \Omega}{Z_1} \right| \\ &= A_{B,min} - A_{Z,min} + 10 \times \log_{10} \left| \frac{150 \text{ } \Omega}{Z_1} \right| \end{aligned} \quad (19)$$

kde je

- a_s útlum stínění vztažený k impedanci 150 W vnějšího obvodu (vyzařujícího), v dB;
- $A_{B,min}$ provozní útlum zaznamenaný jako křivka minimální obálky změřených hodnot, v dB;

A_z doplňkový provozní útlum případně vloženého adaptéru, pokud není eliminován jinak, například kalibrací, v dB;

Strana 18

U_1 vstupní napětí primárního obvodu tvořeného napájecím kabelem a DUT, ve V;

U_2 výstupní napětí sekundárního obvodu, ve V;

Z_1 charakteristická impedance napájecího kabelu a DUT, v W;

P_1 napájecí výkon;

$P_{r,max}$ vyzařovaný maximální vrcholový výkon v normalizovaném prostředí, ve W;

$P_{2,max}$ periodické maximální hodnoty navázaného výkonu $P_{2,max}$ ve vnějším obvodu;

Z_s normalizovaná impedance prostředí, v W (rovná se 150 W).

POZNÁMKA Při kmitočtech nižších než mez elektricky dlouhé vazební délky bude měření podobné jako u povrchové přenosové impedance.

8.3 Vazební útlum

Útlum symetrizačního transformátoru se musí odečíst od výsledků měření.

Vazební útlum a_c se vypočte pomocí normalizované hodnoty $Z_s = 150$ W:

$$\begin{aligned} a_c &= 10 \times \log_{10} \left| \frac{P_1}{P_{r,max}} \right| = 10 \times \log_{10} \left| \frac{P_1}{P_{2,max}} \times \frac{Z_s}{Z_1} \right| \\ &= 20 \times \log_{10} \left| \frac{U_1}{U_{2,max}} \right| + 10 \times \log_{10} \left| \frac{150 \Omega}{Z_1} \right| \\ &= A_{B,min} - A_{z,min} + 10 \times \log_{10} \left| \frac{150 \Omega}{Z_1} \right| \end{aligned} \quad (20)$$

kde je

a_c vazební útlum vztažený k impedanci 150 W vnějšího obvodu (vyzařujícího), v dB;

$A_{B,min}$ provozní útlum zaznamenaný jako křivka minimální obálky změřených hodnot, v dB;

A_z doplňkový provozní útlum případně vloženého adaptéru, pokud není eliminován jinak, například kalibrací, v dB;

U_1 vstupní napětí primárního obvodu tvořeného napájecím kabelem a DUT, ve V;

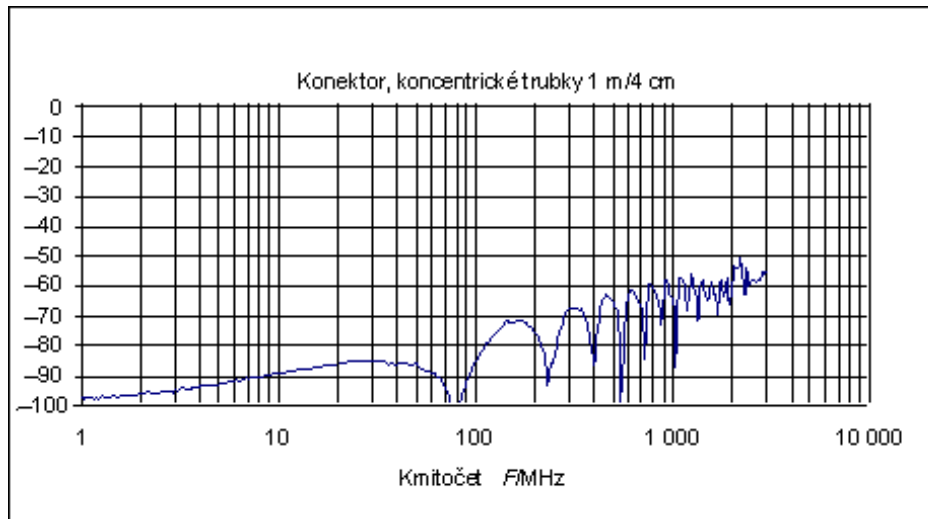
U_2 výstupní napětí sekundárního obvodu, ve V;

Z_1 charakteristická impedance napájecího kabelu a DUT, v W.

8.4 Požadavek

Výsledky přenosové impedance a/nebo útlumu stínění nebo vazebního útlumu musí vyhovovat hodnotě uvedené v příslušné specifikaci kabelu.

Typické měření konektoru o délce 0,04 m s prodlužovací trubkou 1 m je uvedeno na obrázku 11.



Obrázek 11 - Typické měření konektoru o délce 0,04 m s prodlužovací trubkou 1 m

Příloha A (informativní)

Měření účinnosti stínění konektorů a kabelových sestav

A.1 Všeobecně

Vzhledem k vzrůstajícímu používání všech druhů elektrických nebo elektronických zařízení se zvyšuje elektromagnetické znečištění. Pro snížení tohoto elektromagnetického znečištění se musí všechny součásti systému, zejména připojovací kabely (sestavy), stínit. Je zřejmé, že jsou zapotřebí normalizované měřicí postupy k porovnání účinnosti stínění různých návrhů stínění. Základní parametry stínění jsou přenosová impedance Z_T a útlum stínění a_s nebo vazební útlum a_c . Pro získání přenosové impedance Z_T kabelů, konektorů a kabelových sestav lze použít buď tříosou metodu nebo metodu injekce do vedení. Pro měření útlumu stínění a_s nebo vazebního útlumu a_c konektorů a kabelových sestav však neexistuje snadná a efektivní metoda.

Následující nová metoda, která zaplňuje tuto mezeru, je popsána dále. Je založena na nedávno zavedené zkušební metodě stíněného uspořádání útlumu stínění (dlouhé, tříosé) pro měření útlumu stínění nebo vazebního útlumu kabelů [1][2] 3.

A.2 Fyzikální základy

A.2.1 Obecná vazební rovnice

Pro měření vazby je účelné použít pojem provozní útlum s druhou odmocninou výkonových vln, jako v definici rozptylových parametrů [3][4]. Obecná vazební přenosová funkce je pak definována jako:

$$T_{n,f} = \frac{U_{2n,f} / \sqrt{Z_2}}{U_1 / \sqrt{Z_1}} = \frac{\sqrt{P_{2n,f}}}{\sqrt{P_0}} \quad (\text{A.1})$$

Elektromagnetický vliv mezi zkoušeným vzorkem a prostředím je v zásadě přeslech mezi dvěma vedeními a je vyvolán kapacitní a magnetickou vazbou. Na blízkém konci se magnetická a kapacitní

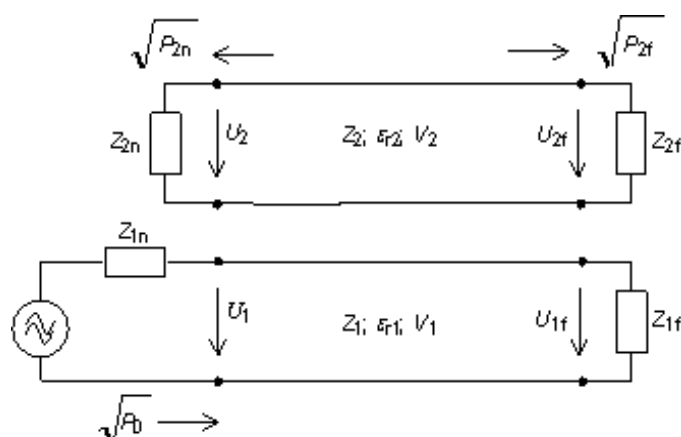
vazba přičítá, zatímco na vzdáleném konci se odečítá [4][5]. Vazba na celé délce vzorku se získá integrací rozdělení infinitezimálních vazeb na vzorku se správnou fází. Vliv fáze při sčítání infinitezimálních vazeb na vedení je vyjádřen součtovou funkcí S [4]. Pokud se útlum vzorku zanedbá, pak lze S vyjádřit následující rovnicí, kde $b_{1,2}$ jsou fázové rychlosti primárního nebo sekundárního obvodu a l je vazební délka. Indexy n a f označují blízký nebo vzdálený konec.

Ekvivalentní obvod pro dvě vázaná vedení je uveden na obrázku A.1.

$$S_{n,f}(f) = \frac{\sin[(\beta_2 \pm \beta_1) \times l/2]}{(\beta_2 \pm \beta_1) \times l/2} \exp(-j(\beta_2 + \beta_1) \times l/2) \quad (\text{A.2})$$

3 Čísla v hranatých závorkách odkazují na bibliografii.

Strana 20



- $\sqrt{P_0}$ druhá odmocnina napájecího výkonu
- $\sqrt{P_{2i}}$ druhá odmocnina navázaného výkonu, blízký konec
- $\sqrt{P_{2f}}$ druhá odmocnina navázaného výkonu, vzdálený konec

- Z_{nm} přizpůsobovací rezistory, 1 = primární obvod, 2 = sekundární obvod, n = blízký konec, f = vzdálený konec
- Z_n charakteristická impedance, 1 = primární obvod, 2 = sekundární obvod
- ϵ_{rn} dielektrická konstanta, 1 = primární obvod, 2 = sekundární obvod
- n_n rychlost šíření, 1 = primární obvod, 2 = sekundární obvod

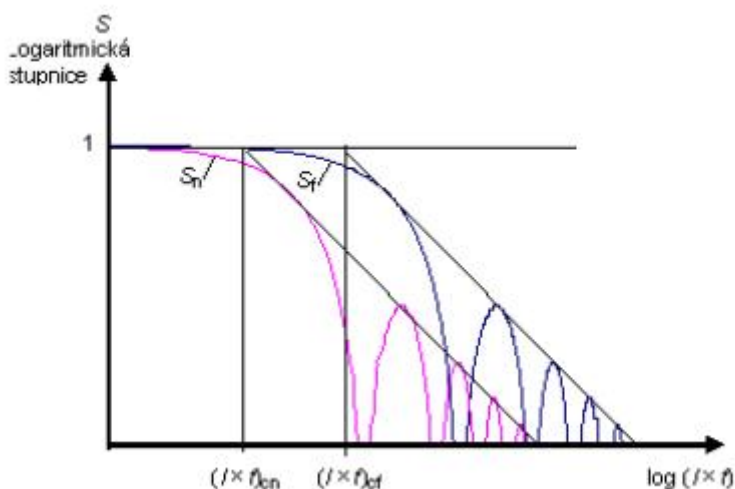
Obrázek A.1 - Ekvivalentní obvod vázaných přenosových vedení

Obrázek A.2 uvádí součtovou funkci, což je v zásadě funkce $\sin(x)/x$. Pro vysoké kmitočty bude asymptotická hodnota:

$$\left| S_{n,f} \right| \rightarrow \frac{2}{(\beta_1 \pm \beta_2) \times l} \quad (\text{A.3})$$

A pro nízké kmitočty bude součtová funkce:

$$\left| S_{\frac{f}{f}} \right| \rightarrow 1 \quad (\text{A.4})$$



Obrázek A.2 - Součtová funkce S

Strana 21

Průsečík mezi asymptotickými hodnotami pro nízké a vysoké kmitočty je tzv. mezní kmitočet f_c . Tento kmitočet udává podmínku pro elektrické dlouhé vzorky:

$$f_{cn} \times l \geq \frac{c}{\pi \times \left| \sqrt{\epsilon_{r1}} \pm \sqrt{\epsilon_{r2}} \right|} \quad (\text{A.5})$$

kde je

- ϵ_{r1} relativní dielektrická permitivita vnitřního systému;
- ϵ_{r2} relativní dielektrická permitivita vnějšího systému;
- l délka kabelu.

A.2.2 Vazební přenosová funkce

A.2.2.1 Homogenní stínění

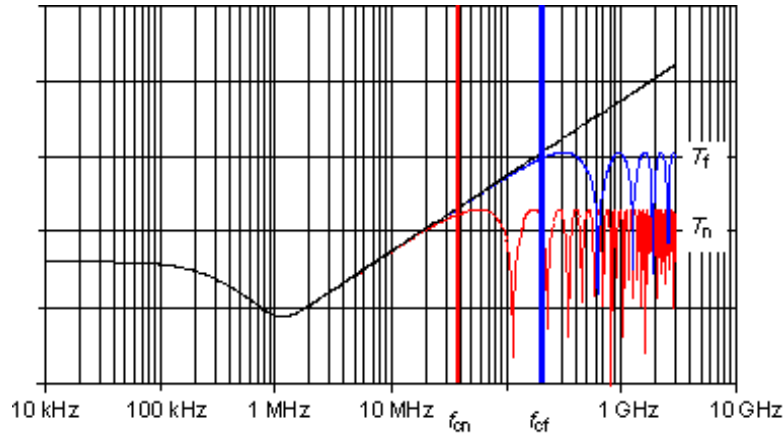
Primární stínící veličiny stínění jsou povrchová přenosová impedance Z_T a kapacitní vazební impedance Z_F nebo účinná přenosová impedance Z_{TE} . Pro homogenní stínění, jako u konektorů nebo kabelů, lze předpokládat, že budou na celé délce konstantní. Integraci lze pak snadno vyřešit. Vazbu mezi vzorkem a prostředím by bylo možno vyjádřit následující vazební přenosovou funkcí. Pro přizpůsobená vedení je [3] [4]:

$$T_{S, \frac{f}{f}} = (Z_F \pm Z_T) \times \frac{1}{\sqrt{Z_1 \cdot Z_2}} \times \frac{l}{2} \times S_{\frac{f}{f}} \quad (\text{A.6})$$

Pro nízké kmitočty, kdy $S = 1$, odpovídá vazební přenosová funkce kmitočtovému chování povrchové

přenosové impedance a kapacitní vazební impedance. Po zvýšení o 20 dB na dekádu vykazují vazební přenosové funkce rozdílné mezní kmitočty $f_{cn,f}$ pro blízký a vzdálený konec. Nad těmito mezními kmitočty se vzorky pokládají za elektricky dlouhé.

Vypočtená vazební přenosová funkce koaxiálního kabelu je uvedena na obrázku A.3. Základní uspořádání tříosého zkušební postupu je uvedeno na obrázku A.4.



Obrázek A.3 - Vypočtená vazební přenosová funkce ($l = 1 \text{ m}$; $\epsilon_{r1} = 2,3$; $\epsilon_{r2} = 1$; $Z_F = 0$)

Pod mezními kmitočty je povrchová přenosová impedance Z_T mírou účinnosti stínění. Hodnota přenosové impedance Z_T se zvyšuje s délkou vzorku.

Nad mezními kmitočty v rozsahu šíření vln nebo v rozsahu, kde jsou vzorky elektricky dlouhé, je parametrem pro účinnost stínění útlum stínění a_s . Útlum stínění ve veličina nezávislá na délce.

A.2.2.2 Stínění kabelových sestav

Kabelové sestavy jsou tvořeny kabelem samotným a konektorem na každém konci. Kromě vazby součástí samotné je třeba vzít rovněž v úvahu vazbu přechodu mezi kabelem a konektorem. Montáž správného konektoru na správný kabel nepovede automaticky ke správné sestavě, nebo» spojení mezi kabelem a konektorem může být horší.

Každá část sestavy má rozdílnou vazbu, takže je nutno provést integraci po úsecích vzorku, tj. jeden úsek pro každou součást (konektor A, přechod, kabel, přechod, konektor B). V prvním přiblížení lze předpokládat, že rychlost v každém úseku je stejná. Vazební přenosová funkce pro přizpůsobená vedení je pak vyjádřena takto:

$$T_n = \frac{1}{\gamma_1 + \gamma_2} \times \sum_{i=1}^n \left[\frac{Z_{Fj} + Z_{Tj}}{2\sqrt{Z_1 \times Z_2}} \times e^{-\gamma_1 + \gamma_2 k \sum_{k=1}^{i-1} l_k} \times (1 - e^{-\gamma_1 + \gamma_2 k l_k}) \right] \quad (\text{A.7})$$

$$T_f = \frac{e^{-\gamma_2 l_0}}{\gamma_1 - \gamma_2} \times \sum_{i=1}^n \left[\frac{Z_{Fj} - Z_{Tj}}{2\sqrt{Z_1 \times Z_2}} \times e^{-\gamma_1 - \gamma_2 k \sum_{k=1}^{i-1} l_k} \times (1 - e^{-\gamma_1 - \gamma_2 k l_k}) \right] \quad (\text{A.8})$$

kde je

- $g_{1,2}$ komplexní konstanta šíření vln vnitřního nebo vnějšího obvodu;
- L_c celá vazební délka (součet dílčích délek);
- L_i délka úseku i ;
- n počet úseků (u kabelových sestav 3);
- $T_{n,f}$ vazební přenosová funkce na blízkém nebo na vzdáleném konci;
- $Z_{1,2}$ charakteristická impedance vnitřního nebo vnějšího obvodu;
- Z_F kapacitní vazební impedance;
- Z_T povrchová přenosová impedance;
- g konstanta šíření
= $(a + jb)$, kde a je měrný útlum a b je měrný posuv.

A.2.2.3 Vazba v tříosém uspořádání

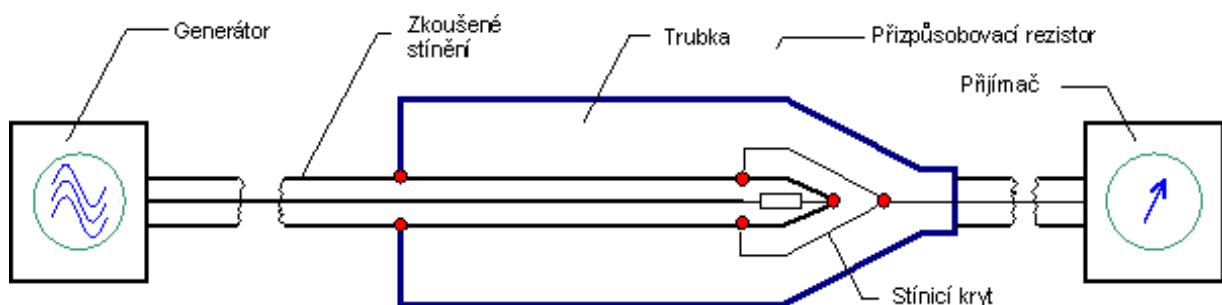
Výše uvedené vazební přenosové funkce platí, pokud primární a sekundární obvod jsou přizpůsobeny. V tříosém uspořádání je však sekundární systém (vnější obvod) nepřizpůsobený (viz též následující článek). Na blízkém konci je stínění vzorku spojeno nakrátko. Na vzdáleném konci je nepřizpůsobená impedance vnějšího obvodu a vstupní impedance přijímače, což vede k činiteli odrazu $r_{2,f}$. V tomto případě se výsledná vazební přenosová funkce (na konci přijímače) získá takto:

$$T^* = (T_f - T_n \times e^{-\gamma 2L_c}) \times \frac{1 + r_{2,f}}{1 + r_{2,f} \times e^{-2\gamma 2L_c}} \quad (\text{A.9})$$

A.3 Tříosé zkušební uspořádání

A.3.1 Všeobecně

Tříosé zkušební uspořádání je jedna z klasických metod pro měření přenosové impedance a v poslední době bylo rozšířeno pro měření útlumu stínění kabelových stínění [1]. Tříosé uspořádání je popsáno v IEC 61196-1 a EN 50289-1-6 a je tvořeno trubkou z mosazi nebo hliníku s vnitřním průměrem přibližně 40 mm.



Obrázek A.4 - Tříosé uspořádání pro měření útlumu stínění a_s a přenosové impedance Z_T

3 m. (Viz též výše uvedené teoretické vysvětlení).

Ve vnějším obvodu na blízkém konci je zkoušené stínění spojeno nakrátko s měřicí trubicí. Elektrické vlny, které jsou navázány na celé délce kabelu z vnitřního systému do vnějšího systému, se šíří v obou směrech na blízký a na vzdálený konec. Na konci nakrátko se zcela odrážejí, takže na měřicím přijímači lze měřit superpozici vazby na blízkém a vzdáleném konci jako rušivý napěťový poměr U_2/U_1 . Útlum stínění jako výkonový poměr je pak vztažen k normalizované charakteristické impedanci vnějšího systému $Z_s = 150 \text{ W}$.

$$a_s = 20 \times \log \left(\left| \frac{U_2}{U_1} \right|_{\max} \right) + 10 \times \log \left(\frac{2 \times Z_s}{Z_1} \right) \quad (\text{A.10})$$

kde

Z_1 je charakteristická impedance zkoušeného vzorku a Z_s je 150 W.

A.3.2 Měření kabelových sestav

A.3.2.1 Všeobecně

Při měření kabelových sestav v tříosém zkušebním uspořádání je problém v tom, že jejich délky se značně liší a jsou buď kratší nebo delší než běžně používaná měřicí trubka 2 m nebo 3 m. Zkoumání výše uvedených vazebních funkcí však ukazují, že:

- u sestav delších než měřicí trubka postačuje měřit pouze oba přístupné konce sestavy;
- u sestav kratších než měřicí trubka lze sestavu prodloužit dobře stíněným kabelem v uzavřené měděné trubce. Toto je tzv. metoda koncentrických trubek.

A.3.2.2 Sestava delší než měřicí trubka

Při měřeních útlumu stínění kabelových sestav je zřejmé, že výsledek je charakterizován nejslabším článkem. Buď kabelem nebo konektorem nebo přechodem mezi kabelem a konektorem. U kabelových sestav, které jsou delší než měřicí trubka, tedy postačuje měřit sestavu z obou konců (za předpokladu, že stínění kabelu je homogenní). Nejhorší případ obou měření je pak útlum stínění celé sestavy. Simulované grafy na obrázcích A.5 a A.6 zdůrazňují tento důkaz.

Simulační parametry jsou:

- stínění kabelu

délka:	500 cm
stejnoseměrný elektrický odpor:	13 mW/m
magnetická vazba:	0,04 mH/m
kapacitní vazba:	0,02 pF/m

- stínění konektoru včetně přechodu z kabelu do konektoru

délka:	5 cm
--------	------

stejnsměrný elektrický odpor: 2 mW/m

magnetická vazba: 0,002 mH

kapacitní vazba: 0 pF/m

c) vnější obvod (sekundární systém)

impedance: 150 W

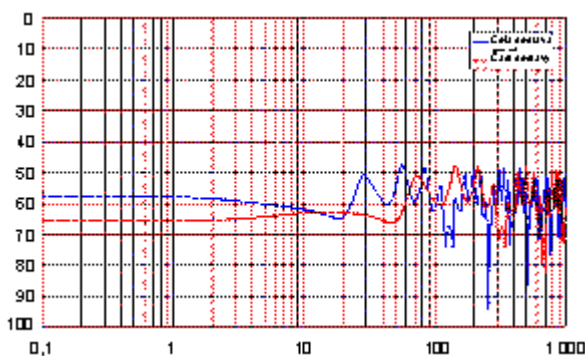
dielektrická permitivita: 1,1

d) vnitřní obvod (primární systém)

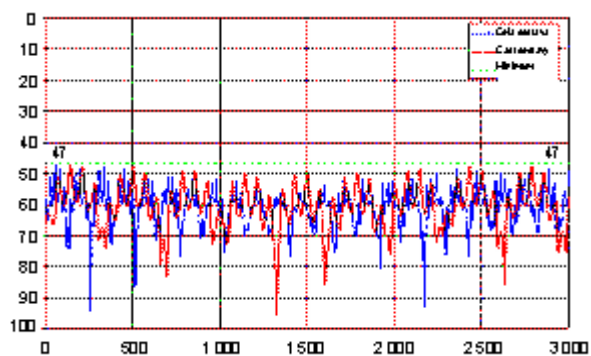
impedance: 50 W

dielektrická permitivita: 2,3

Strana 24



Obrázek A.5 - Simulace kabelové sestavy (logaritmická stupnice)



Obrázek A.6 - Simulace kabelové sestavy (lineární stupnice)

Modrá čára znázorňuje výsledek celé kabelové sestavy, tj. 500 cm kabelu a obou konektorů. Červená čára znázorňuje výsledek pro pouze jednu část sestavy, tj. 195 cm kabelu a jeden konektor. V nižším kmitočtovém rozsahu, kde jsou vzorky elektricky krátké, se obdrží výsledek závislý na délce. Avšak ve vyšším kmitočtovém rozsahu, kde jsou vzorky elektricky dlouhé, se obdrží stejná minimální hodnota, tj. stejný útlum stínění 47 dB.

A.3.2.3 Sestava kratší než měřicí trubka

Pokud je sestava kratší než měřicí trubka, lze sestavu prodloužit dobře stíněným připojovacím kabelem v uzavřené měděné trubce. Tzv. metoda koncentrických trubek (viz též obrázky A.7 a A.8).

Prodlužovací trubka pak funguje jako rezonátor. Stejný princip se rovněž používá pro měření konektorů. Další podrobnosti lze získat z následujícího vysvětlení měření konektorů.

A.3.3 Měření konektorů

A.3.3.1 Všeobecně

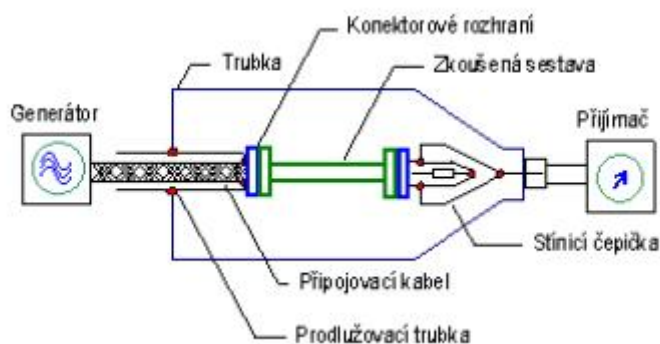
Obvyklé vysokofrekvenční (RF) konektory mají mechanické rozměry v podélné ose v rozsahu 10 mm

až 50 mm. Pomocí definice elektrických dlouhých prvků obdržíme pro standardní RF konektory mezní kmitočty přibližně 3 GHz nebo vyšší. Nad uvedeným kmitočtem se konektory pokládají za elektricky dlouhé.

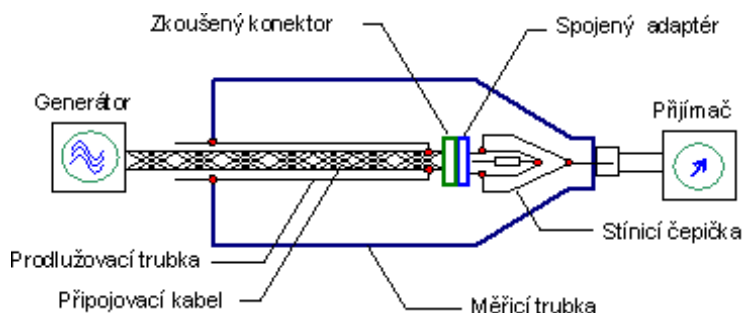
Útlum stínění platí podle definice pouze v kmitočtovém rozsahu nad mezním kmitočtem, kde jsou prvky elektricky dlouhé. Útlum stínění RF konektoru samotného lze tedy měřit pouze při kmitočtech nad 3 GHz.

Prodloužením RF konektoru RF těsnou uzavřenou kovovou trubkou se však vytvoří kabelová sestava, která je elektricky dlouhá. Mezní kmitočet, nebo dolní kmitočtová mez, pro měření útlumu stínění se tedy rozšíří k nižším kmitočtům. Pokud se tato prodlužovací trubka přímo spojí se zkoušeným konektorem, měří se útlum stínění konektoru (a jeho spojeného adaptéru). Pokud se prodlužovací trubka spojí s připojovacím kabelem u konektoru, měří se útlum stínění kombinace konektoru (a jeho spojeného adaptéru) a přechodu mezi kabelem a konektorem (viz též obrázky uvedené dále).

POZNÁMKA Třebaže konektor samotný zůstává elektricky krátký, vykazuje kombinace konektoru a prodlužovací trubky chování (útlum stínění) konektoru připojeného k dobře stíněnému kabelu, která má účinnost stínění lepší než účinnost stínění konektoru (nebo přechodu mezi kabelem a konektorem). Viz též vysvětlení v A.3.3.2.



Obrázek A.7 - Třísosé uspořádání s prodlužovací trubkou pro krátké kabelové sestavy



Obrázek A.8 - Třísosé uspořádání s prodlužovací trubkou pro konektory

A.3.3.2 Měřicí uspořádání

Pro měření RF konektorů bylo třísosé uspořádání podle IEC 61196-1 rozšířeno RF těsnou uzavřenou kovovou trubkou (viz obrázek 8). Prodlužovací trubka je spojena buď se zkoušeným konektorem nebo

se stíněním připojovacího kabelu zkoušeného konektoru. Na vzdáleném konci je zkoušený konektor spojen se stínicí čepičkou tříosého zkušebního uspořádání přes jeho spojený adaptér.

Měření útlumu stínění samotné je stejné jako měření stínění kabelu podle IEC 62153-4-4.

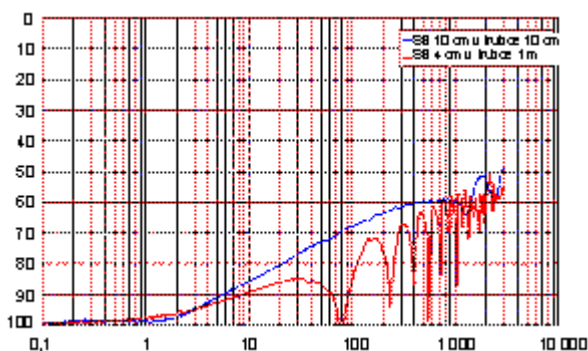
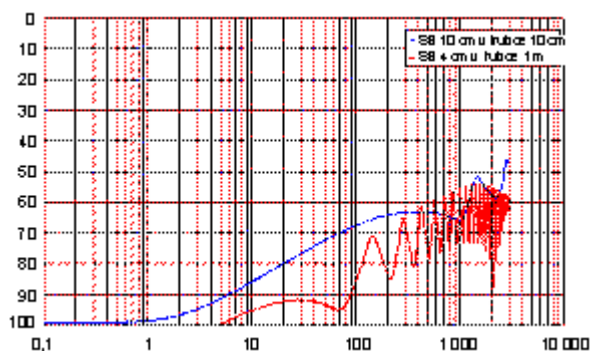
A.3.3.3 Výsledky měření a simulace

V prvním přiblížení se místo konektoru měřily krátké části kabelu. Výhodou je, že výsledky nejsou ovlivněny spojovacím adaptérem nebo přechodem mezi kabelem a konektorem. Kabelem je koaxiální kabel s impedancí 75 W, pěnovým PE dielektrikem a jedním opleteným stíněním (neoptimalizovaným, tj. nedostatečně opleteným). Simulace byly provedeny s rovnicemi (A.7), (A.8) a (A.9), kde počet úseků je 2. Prvním úsekem je připojovací kabel s RF těsnou prodlužovací trubicí.

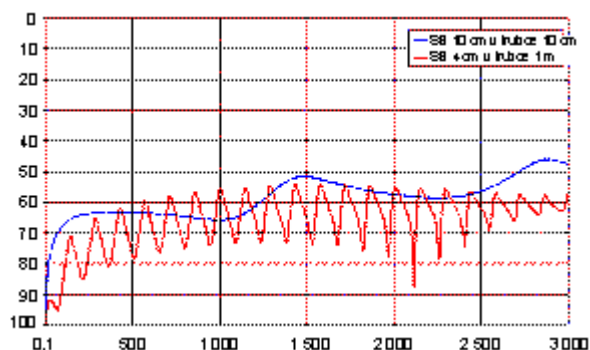
Přenosová impedance a kapacitní vazební impedance uvedeného úseku se tedy zanedbává. Druhým úsekem je zkoušený kabel s následujícími parametry:

stejnsměrný elektrický odpor:	8 mW/m
magnetická vazba:	0,6 mH/m
kapacitní vazba:	0,02 pF/m
impedance:	75 W
dielektrická permitivita:	1,35

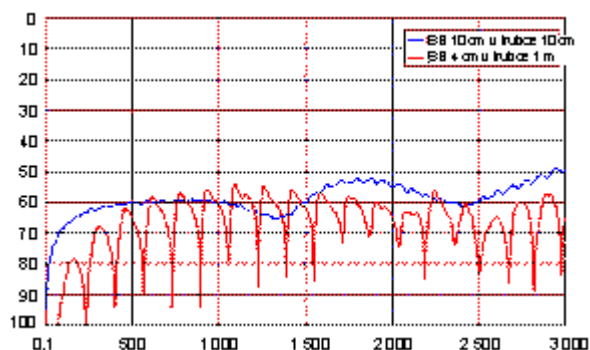
Porovnání simulace (obrázek A.9, A.11) s výsledky měření (obrázek A.10, A.12) vykazuje dobrou shodu. V nižším kmitočtovém rozsahu, kdy jsou vzorky elektricky krátké, se obdrží stejné výsledky. Avšak ve vyšším kmitočtovém rozsahu lze zjistit vliv prodlužovací trubky. Vzorek 10 cm je v celém kmitočtovém rozsahu elektricky krátký, nebo» mezní kmitočet je 5,9 GHz. Navázaný výkon se tedy zvyšuje se vzrůstajícím kmitočtem. Kvazi kabelová sestava tvořená konektorem a prodlužovací trubicí je však nad 590 MHz elektricky dlouhá, což vede ke konstantnímu maximálnímu navázanému výkonu. Jednou vlastností elektricky dlouhého objektu je rovněž to, že maximální navázaný výkon nezávisí na délce vzorku (viz A.2.1). Toto je zdůrazněno na obrázku A.13 a A.14, kde jsou uvedeny simulované výsledky vzorku 4 cm v trubce 1 m nebo 2 m, tj. s prodlužovací trubicí 96 cm nebo 196 cm. Obálka obou křivek je totožná.



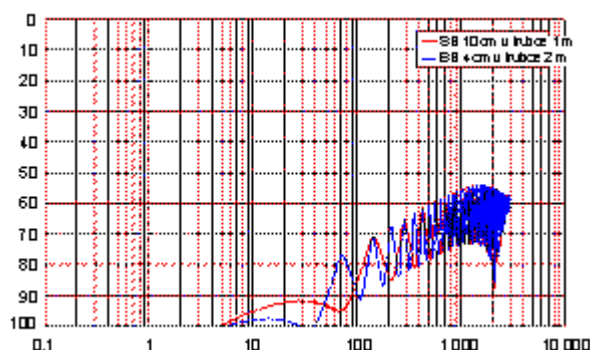
Obrázek A.9 - Simulace,
logaritmická kmitočtová stupnice



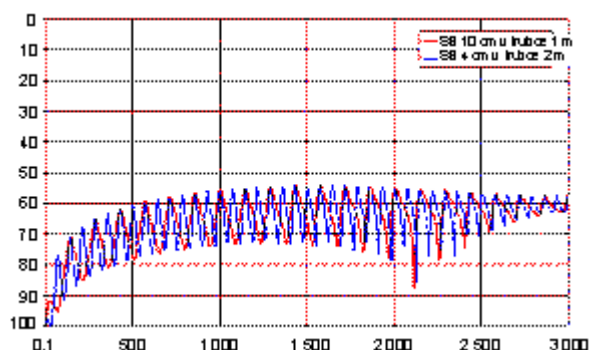
Obrázek A.10 - Měření,
logaritmická kmitočtová stupnice



Obrázek A.11 - Simulace,
lineární kmitočtová stupnice



Obrázek A.12 - Měření,
lineární kmitočtová stupnice



Obrázek A.13 - Simulace,
logaritmická kmitočtová stupnice

Obrázek A.14 - Simulace,
lineární kmitočtová stupnice

A.4 Závěr

Zákazníci a uživatelé RF kabelů, kabelových sestav a konektorů požadují stále častěji hodnoty účinnosti stínění v decibelech (dB) místo hodnot přenosové impedance v mW nebo mW/m. Vysvětlená metoda koncentrických trubek reaguje na tuto potřebu, nebo» nabízí jednoduchou a spolehlivou metodu pro měření útlumu stínění v dB konektorů a kabelových sestav. Uvedená metoda představuje rozšíření zkušebního stíněného uspořádání útlumu stínění (dlouhé, tříosé) podle IEC 61196-1, 12.6.

Porovnání změřených a vypočtených křivek vykazuje dobrou shodu.

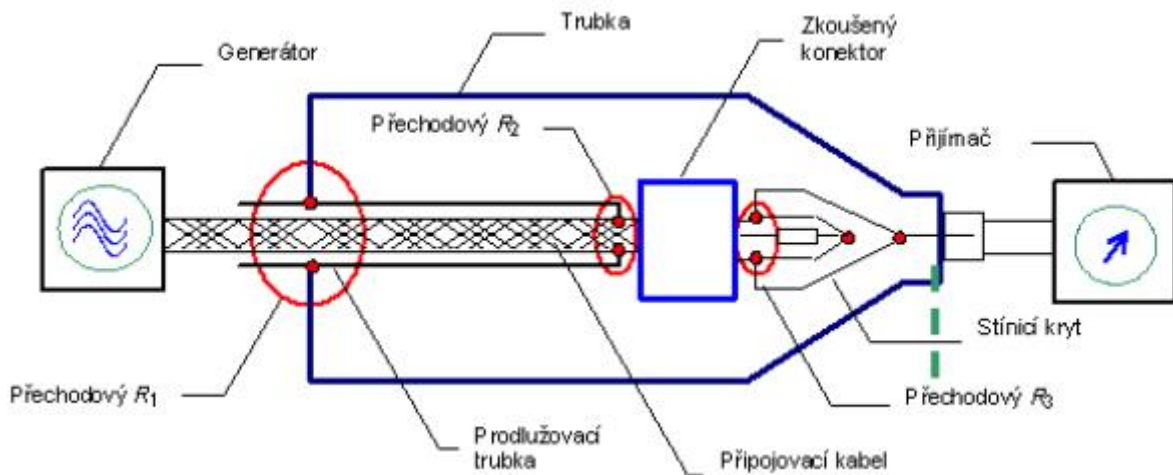
Přednosti metody koncentrických trubek pro konektory a sestavy jsou stejné jako u měření útlumu stínění kabelových stínění v trubce:

- jednoduché a snadné zkušební uspořádání;
- necitlivé vůči vnějším elektromagnetickým rušením;
- vysoký dynamický rozsah > 130 dB;
- dobrá reprodukovatelnost.

Příloha B (informativní)

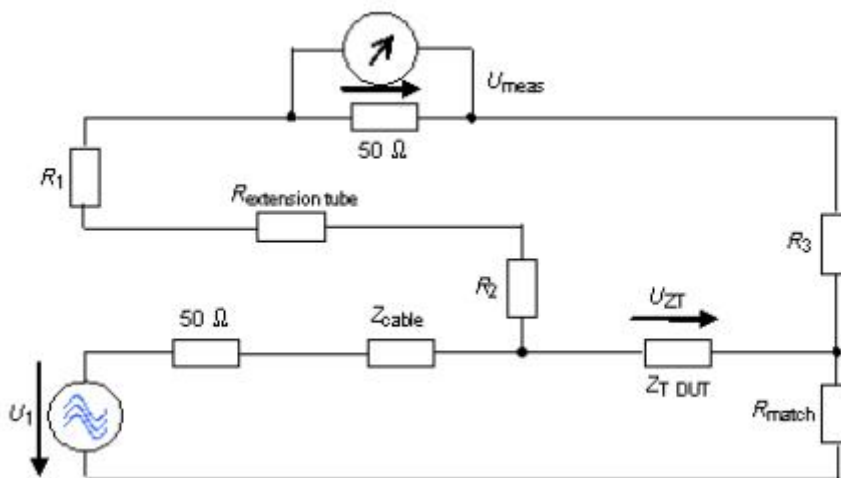
Vliv přechodových odporů

Přechodové odpory mezi napájecím kabelem a prodlužovací trubkou nebo stínícím krytem ve zkušební hlavě mohou ovlivnit výsledek zkoušky. Styky se musí připravit pečlivě, s nízkým elektrickým odporem nebo s nízkou impedancí. Styku se musí dosáhnout na celém obvodu stínění. Kritické styky jsou uvedeny na obrázku B.1.



Obrázek B.1 - Přechodové odpory zkušebního uspořádání

Ekvivalentní obvod úplného zkušebního uspořádání včetně přechodových odporů je znázorněn na obrázku B.2. Zkušební uspořádání musí být navrženo tak, aby přechodové odpory prodlužovací trubky byly v sérii se vstupní impedancí přijímače a přechodový odpor stínícího krytu včetně přizpůsobovací zátěže DUT byl v sérii s generátorem.



- R_1, R_2 a R_3 přechodové odpory znázorněné na obrázku B.1.
- Z_{cable} charakteristická impedance připojovacího kabelu (viz obrázek B.1).
- Z_{DUT} přenosová impedance DUT.

Obrázek B.2 - Ekvivalentní obvod zkušebního uspořádání

V tomto případě jsou přechodové odpory několik málo mW v sérii se vstupním odporem 50 W generátoru nebo přijímače zanedbatelné.

POZNÁMKA Zkušební uspořádání má být navrženo tak, aby přechodové odpory nebyly v sérii s přenosovou impedancí DUT. Pokud jsou přechodové odpory v sérii s přenosovou impedancí DUT, budou značně ovlivňovat výsledek.

Strana 29

Bibliografie

- [1] BREITENBACH O., HÄHNER T., MUND B., "Screening of cables in the MHz to GHz frequency range extended application of a simple measuring method", Colloquium on screening effectiveness measurements, Savoy Place London, 6 May 1998, Reference No:1998/452
(Rozšířené použití jednoduché měřicí metody stínění kabelů v kmitočtovém rozsahu MHz až GHz)
- [2] HÄHNER T., MUND B., "Test methods for screening and balance of communication cables", 13th international Zurich EMC Symposium, February 16-18 1999
(Zkušební metody pro stínění a symetrii komunikačních kabelů)
- [3] HALME L., KYTÖNEN R., "Background and introduction to EM screening (shielding) behaviours and measurements of coaxial and symmetrical cables, cable assemblies and connectors", Savoy Place London, 6 May 1998, Reference No:1998/452
(Základy a úvod do chování a měření stínění EM koaxiálních a symetrických kabelů, kabelových sestav a konektorů)
- [4] HALME L., SZENTKUTI B., "The background for electromagnetic screening measurements of cylindrical screens", Tech. Rep. PTT(1988) Nr. 3
(Základy měření elektromagnetického stínění válcových stínění)
- [5] KLEIN W., "Die Theorie des Nebensprechens auf Leitungen", (German), Springer Verlag 1955
(Teorie přeslechu na vedeních)
- [6] MUND B., "Measuring the EMC on RF-connectors and connecting hardware, Tube in tube test procedure", Proceedings of the 53rd IWCS/Focus 2004, Philadelphia, USA
(Měření EMC na RF konektorech a spojovacím hardwaru, Zkušební postup koncentrických trubek)

Strana 30

Příloha ZA (normativní)

Normativní odkazy na mezinárodní publikace a na jim příslušející evropské publikace

Pro používání tohoto dokumentu jsou nezbytné dále uvedené referenční dokumenty. U datovaných odkazů platí pouze citovaná vydání. U nedatovaných odkazů platí poslední vydání referenčního dokumentu (včetně změn).

POZNÁMKA Pokud byla mezinárodní publikace upravena společnými modifikacemi, vyznačenými pomocí (mod), používá se příslušná EN/HD.

<u>Publikace</u>	<u>Rok</u>	<u>Název</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Rok</u>
IEC 61196-1	2005	Koaxiální komunikační kabely - Část 1: Kmenová specifikace - Všeobecně, definice a požadavky	-	-
IEC 62153-4-4	2006	Zkušební metody metalických komunikačních kabelů - Část 4-4: Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Stíněné uspořádání útlumu stínění, zkušební metoda pro měření útlumu stínění a _s do 3 GHz a výše	-	-
-	-	Komunikační kabely - Specifikace EN 50289-1-6 2002 zkušebních metod Část 1-6: Elektrické zkušební metody - Elektromagnetické vlastnosti	-	-

Strana 31

Prázdná strana

-- Vynechaný text --